

近 45 年闽江流域气候变化特征分析^{*}

张 星¹, 陈 惠², 林秀芳³

(1. 福建省气象局, 福州 350001; 2. 福建省气象科学研究所, 福州 350001; 3. 福建省气候中心, 福州 350001)

摘 要:应用闽江流域 11 个测站 1961 - 2005 年气温、降水及日照数据,探讨了闽江流域气温、降水和日照时数的时空分布特征及其变化趋势。结果表明,气温自 70 年代以来存在变暖的趋势,尤以暖冬最为显著;降水变化趋势则较为复杂,总体趋势为增加,但其变化规律不如气温明显,90 年代是相对丰水期,21 世纪前 5 年则进入相对枯水期;日照时数则随气候的变暖呈减少趋势,减幅最大的是夏季,其次是冬季。气温、降水和日照的变化趋势具有明显的区域性和季节性,流域内各分区的气候变化幅度不同,这种变化对流域生态环境有着不可忽视的影响。

关键词:气候特征; 变化趋势; 闽江流域

中图分类号: P467

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2009)01-0107-04

Changes of Climatic Features in the Minjiang River Basin in Recent 45 Years

ZHANG Xing¹, CHEN Hui², Lin Xiufang³

(1. Fujian Meteorological Bureau, Fuzhou 350001, China; 2. Fujian Science Institute of Meteorology, Fuzhou 350001, China; 3. Fujian Climate Center, Fuzhou 350001, China)

Abstract: Based on the atmospheric temperature, precipitation and radiation records from 1961 to 2005 of 11 station in the Minjiang River, characters of temporal and spatial distribution and development trends were analyzed. The main results showed that the temperature rising from the seventies and the maximum increase range is in winter; precipitation change is not so obvious as the temperature, but the precipitation is increasing; radiation tend to decrease and the maximum decrease range is in summer and winter. All these tendencies were remarkably seasonal and regional, besides the change ranges in different area were dissimilarity, which would affect the regional ecological environment deeply.

Key words: climatic features; development trends; Minjiang River

闽江是福建省第一大河流,流域面积 6.7 万 km², 占全省面积的 62.5%, 水系总长 2 872 km, 流域人口约 1 100 万, 堪称福建半壁江山。闽江流域多年平均降水量 1 710 mm, 占全省径流量的 56%, 每天提供 225 万 m³ 的生活用水, 浇灌着沿岸万顷良田, 乃闽人饮水之源。闽江流域的生态环境不仅直接影响全省 1/2 地区的水源涵养、气候调节, 还对全省农业的持续发展乃至生态安全, 有着举足轻重的影响。然而, 由于流域内大规模的开发, 加上全球气候变化与人类活动的负面效应相互叠加, 严重破坏了流域生态环境的稳定性, 导致了闽江流域环境的生态调节和自我恢复功能大幅降低, 生态系统稳定性减弱, 生态环境质量在总体上呈现出下降的趋势, 并对整个流域的生态安全构成了威胁。为此, 许多学者开展了闽江流域生态环境变化研究(陈传明,

2000; 郑德祥等, 2005; 郑淑娟, 2007; 朱秀端等, 2007), 但目前这些研究工作都没有涉及到气候变化领域。越来越多的研究和观测结果表明区域气候变化会给生态环境带来重大影响(左海风, 2006), 一定程度上可以认为气候要素是维持生态环境动态平衡的源动力(边多等, 2006)。因此有必要对闽江流域近 45 年来气候变化的特征与趋势进行分析, 通过对气象要素的分析, 有助于揭示该区域生态环境的演变趋势, 为重建流域生态环境提供理论依据。

1 研究区概况

1.1 研究区概况

闽江流域位于东经 116°23' - 119°43', 北纬 25°23' - 28°19', 属亚热带海洋季风气候。整个水系

* 收稿日期: 2008-07-15

基金项目: 福建省自然科学基金项目(W0750001); 福建省科技厅重点项目(2006 Y008)

作者简介: 张星(1974 -), 男, 高级工程师, 硕士, 主要从事应用气象与农业生态学研究。E-mail: fjqpxx@163.com

切穿闽中大山,从西北向东南,横贯福州盆地,最后汇入东海。其范围包括三明、南平、宁德、福州、泉州、莆田等地区,以南平、水口为界,划为上、中、下游。南平以上为上游,南平、水口之间为中游,水口以下为下游。

1.2 资料说明

根据流域内气象台站分布,分别选取了上游的建宁、泰宁、将乐、建阳、顺昌,中游的南平、尤溪、大田以及下游的闽清、闽侯、永泰共 11 个气象台站 1961 - 2005 年 45 a 的逐月平均气温、降水量、日照资料。主要通过算术平均法进行气候要素的年际变化、年代际变化、季节变化分析,以及上游、中游和下游对照分析。气候要素变化总趋势分析采用倾向率法(施能,1996),各要素的倾向率用一元线性回归方程拟合求得。

$$y_i = a_0 + a_1 t_i \tag{1}$$

式中: y_i ——气象要素; t_i ——时间(本文为 1961 - 2005 年); a_1 ——线性趋势项,将 $a_1 \times 10$ 年作为趋势变化率。气候要素变化趋势用趋势系数表达,气候趋势系数是指: n 个时刻(年)的要素序列与自然数列 1, 2, 3 ..., n 的相关系数,用如下公式(谢金南等,2001)计算:

$$r_{xt} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(i - \bar{t})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^n (i - \bar{t})^2}} \tag{2}$$

式中: n ——年数; x_i ——第 i 年要素值; \bar{x} ——其样本均值; $\bar{t} = (n + 1) / 2$ 。 r_{xt} 值为正(负)时表示该要素

在所计算的 n 年内有线性增加(减少)的趋势。可以利用已经构造出的不同自由度,不同显著水平的相关系数表,对相关系数进行显著性检验,以判断变化趋势是否显著。

2 闽江流域气候变化特征

2.1 气温变化

2.1.1 年平均气温的年际变化 利用公式(1)对 1961 - 2005 年闽江整个流域及上、中、下游的年平均温度序列计算倾向率和气候趋势系数并进行显著性检验。结果见表 1。可以看出:年平均气温表现为一致的显著的升高趋势,平均每 10 a 升高 0.135 ~ 0.212 (均达到 0.005 以上显著性水平),流域下游增温幅度最大,达到了 0.212 / 10 a;整个流域的气温倾向率又大于中游,分别为 0.168 / 10 a 和 0.157 / 10 a;流域上游的气温倾向率最小,为 0.135 / 10 a。

进一步将年平均气温根据季节划分进行分析(见表 2),可以发现整个流域季平均气温增温主要发生在冬季,平均每 10 a 升高 0.321 ;上游和中游的冬季平均气温也呈显著的上升趋势,平均每 10 a 分别升高 0.302 和 0.312 ,其它季节增温不显著;而下游除夏季气温变化不大外,其他季节均为升温趋势,春季和秋季的气温平均每 10 a 升高 0.194 ~ 0.211 (均达到 0.05 以上显著性水平),冬季的升温幅度最为显著,为 0.35 / 10 a。

表 1 闽江流域气温、降水和日照的倾向率和气候趋势系数

要素	项目	整个流域	上游	中游	下游
气温	倾向率	0.168	0.135	0.157	0.212
	趋势系数	0.533 ***	0.433 **	0.515 ***	0.613 ***
降水	倾向率	20.636	- 4.658	7.976	7.984
	趋势系数	0.094	- 0.026	0.046	0.045
日照	倾向率(/ 10a)	- 43.350	- 60.953	5.334	- 74.432
	趋势系数	- 0.349 *	- 0.453 **	0.043	- 0.516 ***

注: *, **, *** 分别表示趋势系数通过信度为 0.05, 0.005 和 0.001 的置信检验

表 2 年平均气温变化的季节划分

流域	项目	春季	夏季	秋季	冬季
整个流域	气温倾向率	0.134	0.062	0.174	0.321
	趋势系数	0.263	0.149	0.247	0.428 **
上游	气温倾向率	0.099	0.013	0.140	0.302
	趋势系数	0.203	0.029	0.193	0.381 **
中游	气温倾向率	0.109	0.071	0.169	0.312
	趋势系数	0.213	0.171	0.232	0.399 **
下游	气温倾向率	0.194	0.102	0.211	0.350
	趋势系数	0.346 *	0.249	0.310 *	0.490 ***

注: *, **, *** 分别表示趋势系数通过信度为 0.05, 0.01 和 0.001 的置信检验

2.1.2 气温的年代际变化 从闽江流域各年代的年平均气温计算结果看(见表 3),2001 - 2005 年的年平均气温值最大,70 年代最小,整个流域和上游的具体排列一致,都是 21 世纪前 5 年 > 90 年代 > 60 年代 > 80 年代 > 70 年代;中游和下游流域的年代值排序则与上述略有不同,依次是 21 世纪前 5 年 > 90 年代 > 80 年代 > 60 年代 > 70 年代。

虽然各区域的排序有所不同,但总体上均表现为增温趋势,从 70 年代开始,气温持续升高,中游在 80 年代的升温最显著,其余区域增暖较快的时期都是在 90 年代,达到了 0.32 ~ 0.61 / 10 a,其年代均

值已经高于近 45 a 的平均值,与 60 年代相比,整个流域、上游、中游和下游的平均气温分别偏高了 0.351 ,0.24 ,0.345 ,0.466 。21 世纪前 5 a 的增温幅度略小于 90 年代,因此其年代平均气温已经比 60 年代偏高了 0.61 ~ 0.89 。对同一年代的气温值而言,由大到小的顺序总是下游 > 中游 > 整个流域 > 上游。

2.2 降水量变化

2.2.1 降水量的年际变化 从闽江流域各区域年降水量变化曲线来看(图 1),近 45 a 各区域年降水量的年际变化波动较大。上游的降水量表现为减少趋势,其它区域为增加趋势,但变化趋势都不明显。

根据四季降水量的年际变化分析,春雨季降水量年际变化表现为不显著的增加趋势,平均每 10 a 增加 4.474 ~ 6.196 mm。夏季降水量均表现为不显著的减少趋势,平均每 10 a 减少 7.143 ~ 10.511 mm,以中游的减幅为最大。秋季降水量,流域表现为不显著的增加趋势,平均每 10 a 增加 0.959 ~ 5.982 mm。上游的冬季降水量表现为不明显的增加趋势,其它区域都呈不明显减少趋势。

2.2.2 降水量的年代际变化 根据近 40 a 年降水量的年代际变化分析(表 3),上游表现为先减后增

再减的趋势,最小值出现在 80 年代,降水量为 1 686.366 mm,90 年代的降水量 1 861.678 mm 为最大值;中游为增 - 减 - 增 - 减的趋势,90 年代的降水量达到 1 651.577 mm,为最大值,21 世纪前 5 a 的降水量最少,仅有 1 490.83 mm;下游的降水量则有持续增加的趋势,直至 21 世纪前 5 a 才明显减少到 1 269.01 mm,是近 45 a 降水量最少的时段。从整个流域看,60 - 80 年代的降水量变化不大,90 年代降水明显增多,为近 45 a 降水量最多的 10 a,进 21 本世纪前 5 a,雨量又急剧减少,是近 45 a 最少的时期。60 - 80 年代的降水量,由大到小的顺序总是上游 > 中游 > 整个流域 > 下游,90 年代以后的大小排序变为:上游 > 整个流域 > 中游 > 下游。

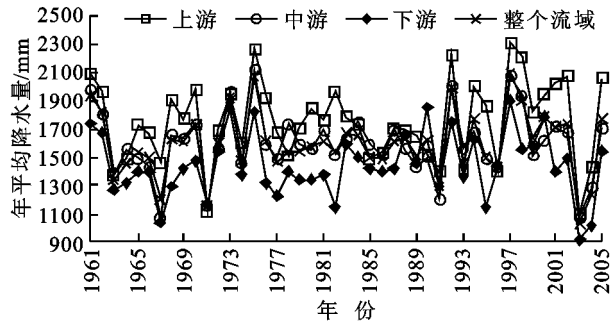


图 1 闽江流域各区域年降水量变化曲线

表 3 闽江流域平均气温、降水与日照时数的年代际变化

区 域	要 素	60 年代	70 年代	80 年代	90 年代	2001 - 2005 年	1961 - 2005 年
整个流域	气温/	18.837	18.754	18.802	19.188	19.559	18.969
	降水/ mm	1574.092	1597.135	1585.345	1685.658	1498.407	1598.096
	日照/ h	1808.429	1745.683	1637.225	1607.872	1750.419	1705.426
上 游	气温/	17.914	17.168	17.778	18.154	18.524	17.972
	降水/ mm	1744.931	1731.878	1686.366	1861.678	1735.390	1753.899
	日照/ h	1748.940	1710.853	1608.480	1493.392	1654.464	1641.977
中 游	气温/	19.022	18.987	19.047	19.367	19.687	19.170
	降水/ mm	1578.017	1622.891	1588.762	1651.577	1490.830	1597.035
	日照/ h	1741.34	1694.027	1624.761	1571.043	1689.207	1743.849
下 游	气温/	19.577	19.507	19.584	20.043	20.467	19.764
	降水/ mm	1399.33	1436.637	1480.91	1543.72	1269.01	1443.356
	日照/ h	1908.947	1794.947	1602.813	1600.303	1760.053	1730.453

2.3 日照时数变化

2.3.1 日照时数的年际变化 根据表 3 可以看出:日照时数的年际变化各区域有所不同,上游和下游的日照时数表现出显著的减少趋势,平均每 10 a 分别减少 60.953 h 和 74.4320 h。中游虽有略微增加,但趋势并不显著。对整个流域而言,日照时数是明显减少的趋势,平均每 10 a 减少 43.35 h。

对表 4 中年日照时数季节变化进行分析,可以发现整个流域的光照都表现出减少的趋势,减幅最大的季节是夏季,平均每 10 a 减少 10.227 h,其次是冬季,平均每 10 a 减少 5.806 h,春、秋季的减幅不明显。上游和下游的季节变化与整个流域的变化相一致,中游的日照减少主要发生在夏季,其它季节不明显。

表 4 日照时数变化的季节划分

流域	项 目	春季	夏季	秋季	冬季
整个流域	日照倾向率	- 3.8190	- 10.227	- 1.1600	- 5.8060
	趋势系数	- 0.2840	- 0.549 ***	- 0.0560	- 0.3170 *
上 游	日照倾向率	- 3.7123	- 10.718	- 1.6550	- 6.4299
	趋势系数	- 0.2897	- 0.5436 ***	- 0.0832	- 0.3481 *
中 游	日照倾向率	- 2.9527	- 7.6161	- 0.5166	- 5.3211
	趋势系数	- 0.2086	- 0.4287 **	- 0.0243	- 0.2904
下 游	日照倾向率	- 4.7920	- 12.347	- 1.3092	- 5.6667
	趋势系数	- 0.3235 *	- 0.6012 ***	- 0.0579	- 0.2952 *

注：*，**，***分别表示趋势系数通过信度为 0.05,0.005 和 0.001 的置信检验

2.3.2 日照时数的年代际变化 从闽江流域各年代的日照时数计算结果看(见表 3),整个流域的日照时数在前 40 a 均呈减少的趋势,到 21 世纪前 5 a 才有所增加,因此 60 年代的值 of 最大值,90 年代的值最小,差值在 170.297~308.644 h。

3 结 论

受大气变化的影响,闽江流域近 45 a 来的气候变化与大区域变化相似,以显著变暖为总趋势;上游、中游和下游地区年平均气温的增温率为(0.135~0.212) / 10 a,均大于中国 10 a 平均气温的增长率(0.04 / 10 a),也大于全球 10 a 平均气温的增长率(林学椿等,1992),季节的变化中以冬季增温最为显著。降水的变化总体上呈现不显著的增加趋势,但其变化的规律性明显小于气温。90 年代是相对丰水期,21 世纪前 5 a 则进入相对枯水期。日照时数则随气候的变暖呈减少趋势,减幅最大的是夏季,其次是冬季。

闽江流域区域气候变化的事实是显而易见的,同时发现流域内的气候变化不仅具有显著的区域性特点,而且具有十分显著的季节性特点。这种变化趋势势必加剧流域生态环境的脆弱性。由于局地条件不同,造成气候变化的原因又多样,加之气候因子

与其他环境要素相互作用共同影响,对于一个特定地点的气候变化原因的机制还有待深入探讨。

参考文献:

[1] 边多,杜军.近 40 年西藏“一江两河”流域气候变化特征[J].应用气象学报,2006,17(2):169-175.

[2] 陈传明.闽江流域生态环境问题的成因分析与对策[J].台湾海峡,2001,9(2):237-241.

[3] 林学椿,于淑秋.近 40 年我国气候趋势[J].气象,1992,16(10):16-21.

[4] 施能.北半球冬季大气环流遥相关的长期变化及其与我国气候变化的关系[J].气象学报,1996,54(6):675-683.

[5] 谢金南,周嘉陵.西北地区中、东部降水趋势的初步研究[J].高原气象,2001,11(4):362-367.

[6] 郑德祥,钟兆全,龚直文,等.闽江流域生态安全问题及建议[J].北华大学学报:自然科学版,2005,6(5):445-449.

[7] 郑淑娟.闽江流域生态环境质量评价[J].林业勘察设计,2007(1):90-93.

[8] 朱秀端,蔡国隆.闽江流域水土保持与生态安全[J].亚热带水土保持,2007,19(1):10-13.

[9] 左海风.近 50 年汾河上中游流域径流对气候变化的响应分析[J].水文,2006,26(5):72-76.